



Examensarbete inom Lantmästarprogrammet

2004:23

NYTT VENTILATIONSSYSTEM TILL DJURSTALLAR

A NEW VENTILATIONSYSTEM TO ANIMALBARNES

Av: Anna Pettersson

Handledare/Examinator: Torsten Hörndahl

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi

Alnarp 2004

FÖRORD

Lantmästarprogrammet är en två-årig högskoleutbildning vilken omfattar minst 80 p. En av de obligatoriska delarna i denna är att genomföra ett eget arbete som ska presenteras med en skriftlig rapport och ett seminarium. Detta arbete kan t ex ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Arbetsinsatsen ska motsvara minst 5 veckors heltidsstudier (5 p).

Idén till studien kom från Torsten Hörndahl som även varit handledare för arbetet.

Ett varmt tack riktas till Stallsystem i Dalby AB, gårdarna Brandstadholm och Bollerup samt Torsten Hörndahl och Knut-Håkan Jeppson som visade intresse för mina mätningar och gav mig tillåtelse att få använda mig av de båda gårdarna. Torsten Hörndahl och Knut-Håkan Jeppson har varit till stor hjälp vid frågor och utförande samt granskning av mina slutsatser. Det har varit mycket lärorikt och inspirerande då ingen annan har utfört några mätningar i Sverige på just ett sådant ventilationssystem som finns på Brandstadholm.

Alnarp, april 2004

Anna Pettersson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	
SAMMANFATTNING	4
SUMMARY	5
INLEDNING	7
LITTERATURÖVERSIKT	8
NATURLIG VENTILATION.....	8
Vad är skorstenseffekt?	10
Vinden	10
VENTILATIONSÖN	12
ANDRA MILJÖFAKTORER.....	14
MATERIAL OCH METOD.....	16
BRANDSTADHOLM.....	17
BOLLERUP	17
RESULTAT	18
RELATIV FUKTIGHET	19
LJUS.....	20
LJUD	21
LUFTRÖRELSER	21
DISKUSSION	22
REFERENSER.....	24
Skriftliga källor	24
Personliga meddelanden.....	24
BILAGOR	
BILAGA 1 Värmebalans Bollerup	
BILAGA 2 Värmebalans Brandstadholm	
BILAGA 3 Relativ fuktighet 6 dygn	
BILAGA 4 Diagram Bollerup	
BILAGA 5 Diagram Brandstadholm	

SAMMANFATTNING

Det jag vill ta reda på är om stallet uppfyller Jordbruksverkets regler och förordningar när det gäller stallklimatet. Det är också av intresse att ta reda på om stallet är att föredra framför konventionella djurstallar. Därför har jag valt att fokusera på djurens miljö.

Utrustningen jag använde till mina försök var fem stycken elektriska loggrar som var fördelade inne i stallet samt en logger utomhus för varje gård. Loggrarna mätte temperaturen och den relativa fuktigheten var 15:e minut.

Vid varje besök mättes också ljuset och ljudet. Djur som vistas inomhus ska ha tillgång till dagsljus. Kravet på ljusstillgången får inte understiga 75 lux. Ljudet anges i dB och djur i stallar får tillfälligtvis utsättas för mekaniskt buller överstigande 65 dBA.

Brandstadholm ligger norr om Sjöbo på vägen mot Hörby. Stallet har tre liggbåsrader på varje sida om foderbordet. Långsidorna är av transparent plast som kan öppnas och stängas efter behov. Långsidorna fungerar som tilluftsdon då stallet har naturlig ventilation.

Bollerup är Sveriges största skoljordbruk och ligger 16 km nordöst om Ystad. Stallet har ett körbart foderbord och korna mjölkas med hjälp av två Lely robotar. Liksom Brandstadholm har foderbordet tre liggbåsrader på var sida. Stallet har naturlig ventilation och har tilluftsdon i form av vippluckor samt glespanel på den västra gaveln.

Mätningarna visar att Bollerup är ett typiskt oisolerat stall medan Brandstadholm fungerar som ett delvis isolerat stall. Genom diagrammen har jag fått fram att Bollerups innetemperatur följer utetemperaturen. Brandstadholm håller en jämnare innetemperatur och en lägre relativ fuktighet inne än Bollerup. Båda stallen har ett tillfredsställande ljus. Ljudnivån på Bollerup är lite för högt medan Brandstadholm har låga mätvärden. Jag har inte lyckats hitta några anmärkningsvärda luft rörelser i någon av stallen.

SUMMARY

There are two dairy farms in Sweden with ability to be opened on both long sides, one outside Hjo and the other one, Brandstadholm, north of Sjöbo. When there is no measures and results or not enough literature about natural ventilation and especially on this kind of air inlet, makes my tests very interesting not only on Alnarp, but among other companies.

I would like to find out if there is any air movements direct on the cows, how high/low temperature, air humidity, light intensity and noise standard inside the barn. Does Brandstadholm fulfil the rules and regulations when it comes to climate inside the barn? Could this system become the new dairy barn instead of the conventional barns in Sweden?

I am going to focus on the animals environment, after all they are the one who is going to spend the most of the time in the barn.

I used five electrical loggers distributed inside the barn to measure the temperature and one of the loggers measured the air humidity, every 15th minute. One logger were placed on the outside which measured both temperature and air humidity. Every time I visited the farms I got some references on the loggers by measuring the temperature, air humidity and I also got some values on light, noise and air movements. Brandstadholm is partly an uninsulated and partly a isolated dairy barn.

The dairy farm Brandstadholm, north of Sjöbo milk their 250 cows in a 30° angled fishbone pit (2x10) and there is three cubicle rows on each side of the feeding table.

The roof has a regulated ridge opening which also is a light inlet. Both the roof and the gable is isolated while the long sides consist of double transparent plastic wall which is filled with air when the wall is closed. The air is blown in by fans and the wall can be opened in three steps. The first step is 30 cm from the eaves, step two is when the wall is half open and the last step is when fully open. The barn is natural ventilated.

Bollerup is the referent dairy farm, 16 km northeast off Ystad and is Sweden's largest agricultural school.

Just as Brandstadholm, Bollerup has three cubicle rows on each side of the feeding table. The school has two Lely milkingrobots and the barn has natural ventilation with an open ridge and a wall hatch as an air inlet together with space boarding on one gable. The roof is uninsulated and the walls consists of concrete from the eaves and down.

When the day and night temperature is shifting too much and occurs too often the animals is affected by a negative thermal comfort. At a colder temperature the cows build fur to stay warm. Then the temperature rises and the cows begins to sweat on account of the fur which after a new temperature shift to a lower degree makes the cows freeze. Brandstadholm as mentioned before is partly isolated and is very comfortable to be in, compared with Bollerup.

The results on the air humidity shows that the insulated roof are of importance when it keeps the barn warmer which holds the humidity down to a lower level as in Brandstadholm.

Bollerups results are not bad if you compare to other uninsulated barns when the air humidity can be near 100 %.

During my experiments, Bollerup has felt brighter than Brandstadholm. The results shows that it is so, but both dairy barns fulfil the rules and regulations. The noise standards in Bollerup is a borderline case which has to do with the two robots and the two automatic feeder together with the space boarding at strong wind. Brandstadholm on the other hand is very quiet.

The wall hatch on the north side are the primarily air inlets together with the ridge in the west at Bollerup. The measures at Brandstadholm shows that there is not any air movements. There is not any air movements directly on the animals when the results I have found was under 1 m/s in both barns. The plastic wall can during a strong wind create unnecessary noise.

INLEDNING

Det finns två stallar i Sverige med öppningsbara långsidor, ett stall utanför Hjo och det andra, Brandstadholm, ligger norr om Sjöbo. Då det inte finns så mycket mätresultat och litteratur om naturlig ventilation och speciellt med öppningsbara långsidor som tilluftsdon i Sverige, är mina undersökningar intressanta för att få reda på hur ett sådant ventilationssystem fungerar i praktiken.

Jag vill ta reda på om det förekommer mycket, lite eller inga luftrörelser alls samt att få veta hur hög den relativa fuktigheten, temperaturen, ljusintensiteten samt ljudnivån i stallen är. Uppfyller stallen Jordbruksverkets regler och förordningar när det gäller stallklimatet? Kan det bli ett stall att föredra framför konventionella djurstallar? Det finns som tidigare nämnts inte så mycket information i Sverige om hur klimatet fungerar i ett stall med öppningsbara långsidor.

Jag tänker fokusera på djurens miljö. Det är ju i första hand de som vistas mest i stallen. Därför är det viktigare att ta reda på hur djuren mår. Arbetsmiljön är också viktig men personalen är inte lika mycket i stallen som djuren. Detta kan ju bli ett eget examensarbete för sig. Jag tror att det blir för stort att ta upp båda punkterna samtidigt trots att ämnena är viktiga för mig personligen.

LITTERATURÖVERSIKT

Stallsystemet kom till för att ventilationen sommartid inte räcker till och det blir för varmt inne i ett traditionellt stall med fasta väggar och luften blir dålig. Men genom att bygga ett stall med öppningsbara långsidor så löstes problemet. Företaget som tillverkar denna typ av stall heter "De Boer" och huvudkontoret ligger i Holland (pers. medd. Stallsystem i Dalby AB, 2003).

Ett oisolerat djurstall ska i första hand ge skydd mot vind och nederbörd. Inomhus-temperaturen och fuktigheten påverkas främst av utomhusklimatet. Den relativa fuktigheten i ett oisolerat djurstall får inte överstiga 10 % av uteluftens relativa fuktighet. Enligt Jordbruksverkets författningar (SJVFS 2003) får djur endast tillfälligt utsättas för följande värden:

- Koldioxid 3000 ppm
- Ammoniak 10 ppm
- Svavelväte 0,5 ppm
- Organiskt damm 10 mg/m³

I oisolerade djurstall är övertemperaturen +4°C (Δ_t) som är det samma som skillnaden mellan inne och ute temperaturen, då temperaturen ute sommartid är +21°C får stalltemperaturen max vara +25°C. Ehrlemark (1995) föreslår att man i oisolerade djurstall och stall med en naturlig ventilation ska dimensionera för ett lägsta godtagbart ventilationsflöde av koldioxidhalten så att den inte överstiger gränsvärdet 3000 ppm. På samma sätt ska övertemperaturen i stallet sommartid inte överskrida +5°C (Δ_t) när utomhustemperaturen är +21°C. Att en högre övertemperatur bör kunna tillåtas i oisolerade stallar motiveras med de lägre kraven på klimatkontroll och svårigheten att åstadkomma det tillräckliga ventilationsflödet vid små temperaturskillnader och svag vind. Obehaget med den högre övertemperaturen begränsas av att de tillfällen det är både vindstilla och varmt är få. (SS 95 10 50)

De fysikaliska principerna för naturlig ventilation är ganska enkla. I en byggnad med många ventilationsöppningar där man vill ta hänsyn till skorstenseffekten och vinden blir beräkningarna komplicerade. En förenklad variant kan användas för överslagsräkning till okomplicerade dimensioneringar men för en noggrann dimensionering behöver man få hjälp av en dator för att det ska vara praktiskt användbart. (Ehrlemark, 1995)

NATURLIG VENTILATION

(enl. Ehrlemark, 1995)

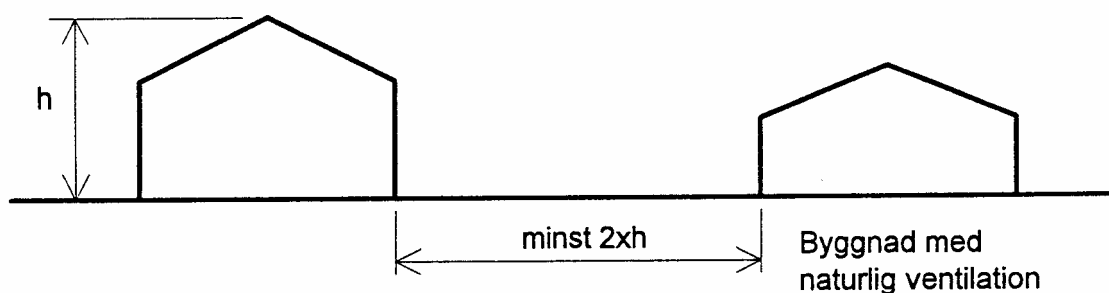
Med naturlig ventilation menas ventilation som orsakas av skorstenseffekten eller av vinden. De grundläggande ventilationstekniska principerna för naturlig ventilation och mekanisk ventilation är de samma för båda systemen för både isolerade och oisolerade stallar. Den enda skillnaden är dock att de naturliga drivkrafterna är svagare och svårare att kontrollera än den

drivkraft som man får från fläktar. En fungerande naturlig ventilation får man genom en noggrann dimensionering, utformning och skötsel av anläggningen.

En naturlig ventilation kräver större ventilationsöppningar jämfört med en mekanisk ventilation eftersom drivkrafterna är små. Ett stall som ska utnyttja vinddriven ventilation bör utformas så att det inte förekommer några döda zoner eller drag direkt på djuren. Detta görs genom att placera ventilationsöppningarna jämt fördelade runt byggnaden. Det jämnaste klimatet får man genom att placera långsidan mot den starkaste vindriktningen. En del ventilationsöppningar kommer då att fungera både som till och frånluftsdon beroende på en växlande vindriktning.

När man dimensionerar ett stall för naturlig ventilation görs det alltid i två steg. Först beräknas vilket ventilationsflöde som behövs. Sedan kan man dimensionera och placera ut ventilationsöppningarna. De fysikaliska grundprinciperna är de samma men man använder olika dimensionerings regler för isolerade och oisolerade stallar.

För att bestämma kapaciteten i stallar med naturlig ventilation utgår man ifrån till- och frånluftsoppningarnas inbördes placering. Vid en liten temperaturskillnad mellan stallet och uteluften är vinden avgörande, för att få reda på om ventilationsflödet är tillräckligt. Har man en byggnad som är utformad för att utnyttja skorstenseffekten, visar beräkningar att, vindtrycket kommer få en avgörande betydelse för ventilationsflöden på så låga vindhastigheter som 1,5 m/s. Eftersom vindhastigheten är av stor betydelse i naturligt ventilerade stallar är det viktigt att dimensionera stallet efter rätt vindhastighet. Val av vindhastighet bör göras så låg att den sällan underskrids i samband med en hög ute- temperatur. Den lägsta dimensionerande vindhastigheten är från 0,3- 1 m/s beroende på var i landet man befinner sig och hur terrängen ser ut. Ventilationen kan också påverkas av andra närliggande byggnader. Därför rekommenderas att ett avstånd bör vara dubbelt så långt som den högst närliggande byggnaden.

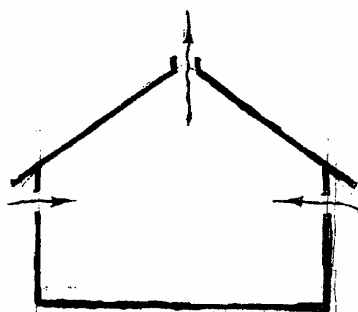


Figur 1. För att minska risken för vindstörningar från närliggande hus och andra hinder bör en byggnad med naturlig ventilation placeras på ett avstånd från hindret på minst två gånger hindrets höjd (Ehrlemark, 1995).

Vad är skorstenseffekt?

(enl. Ehrlemark, 1995)

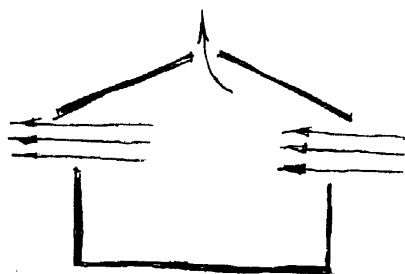
Meningen med ventilation är att skapa en bra stallmiljö genom tillförsel av frisk luft samtidigt som gaser, fukt och överskottsvärme förs bort genom frånluftsdonen. För att utföra detta krävs en tryckskillnad mellan systemets inlopp och utlopp. I en byggnad med en naturlig ventilation blir det ett drivtryck genom skillnader mellan inne- och utomhusluft och av vinden. Drivtrycket tillkommer då djuren i stallet genererar värme och en skillnad i densitet gör att den varma luften stiger och ger ett undertryck som gör att kall uteluft strömmar in i stallet. Eftersom det blir ett visst motstånd när ny luft ska in genom tilluftsdonen uppstår ett undertryck i byggnaden. Typiska värden för naturlig ventilation är 0,5- 10 Pa jämfört med mekanisk ventilation med värden på 30- 100 Pa. Ju högre strömningshastigheten är desto större är tryckförlusterna som dock inte blir större än det tillgängliga drivtrycket. Detta kan användas till att dimensionera och beräkna flöden i en ventilationsanläggning.



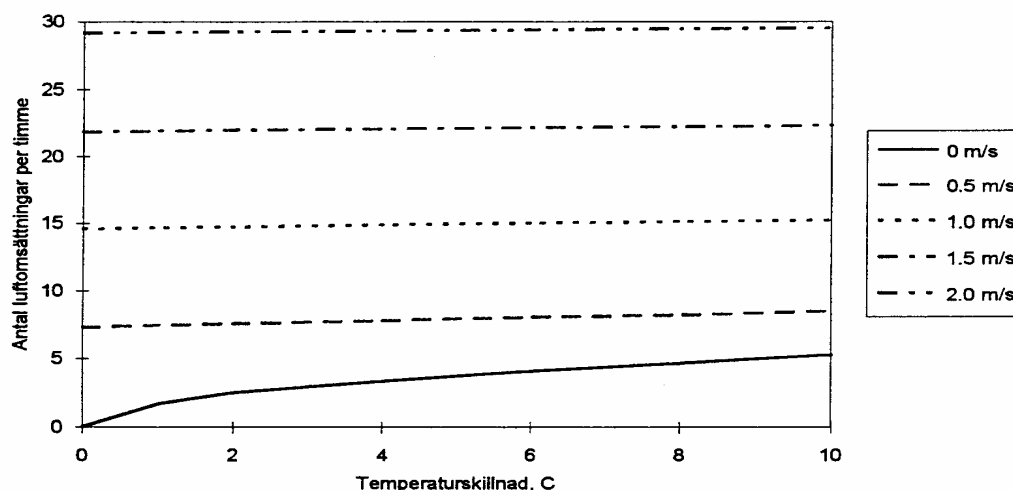
Figur 2. Skorstenseffekt (Ehrlemark, 1995)

Vinden

Vinden ger i första hand en tvärventilation av stallet. Eftersom vinden byter riktning då och då kommer en del ventilationsöppningar att fungera som både tilluftsdon och frånluftsdon. För att minska detta fenomen bör man inte placera ventilationsöppningarna för nära hörn ochnocken närmast gaveln, där vindtrycket växlar kraftigt mellan sug och tryck beroende på vindriktningen.

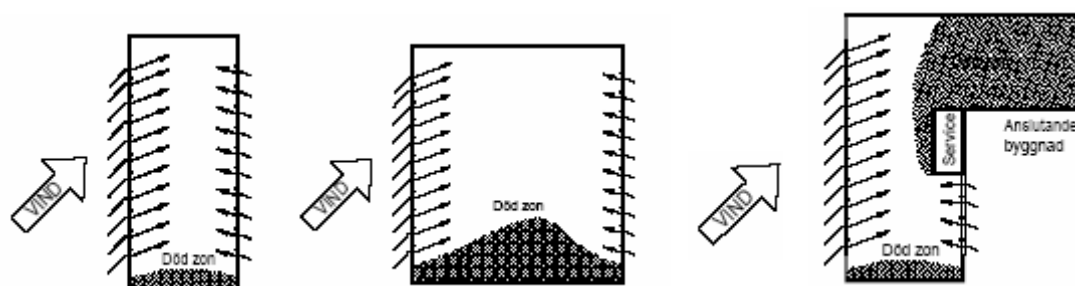


Figur 3. Vindeffekt (Ehrlemark, 1995)



Figur 4. Vindens påverkan (Ehrlemark, 1995)

För att undvika döda zoner eller drag direkt på djuren bör stallet vara utformat så att det blir en så jämn genomluftning som möjligt. Det får man genom ventilationsöppningarnas placering.



Figur 5. Döda zoner vid olika utformning av byggnaden (Sveaverken AB, 2004).

I isolerade stallar är behovet av att reglera ventilationsöppningarna litet. På vintern kan det behöva stängas några öppningar för att undvika drag på djuren. På sommaren kan det bli problem med övertemperatur när det är varmt ute och vindstilla, då kan man behöva öppna några större portar eller luckor för att sänka temperaturen i stallet. Luftströmmarna behöver inte regleras lika mycket i en lösdrift som i en uppbunden besättning.

VENTILATIONSDON

Vid naturlig ventilation krävs det stora tilluftsdon på grund av de små drivkrafterna jämfört med mekanisk ventilation. Tilluftsdon som ska användas i naturligt ventilerade stallar ska ha en stor öppningsarea och ett litet motståndstal. Vindens tryck har stor betydelse för ventilationens funktion och därför skulle man vilja dämpa vindtrycket. Det är dock svårt att få det att fungera i praktiken. (Ehrlemark, 1995)

I oisolerade stallar som inte behöver kunna reglera luftflödet är glespanel ett bra tilluftsdon. Vid väldigt varmt väder krävs det stora ventilationsöppningar. Det går att minimera risken för problem med höga stalltemperaturer på sommaren genom att se till att det finns stora öppningar som kan användas vid varmt och stillastående väder. (Ehrlemark, 1995)
De tilluftsdon som finns till naturlig ventilation är i huvudsak av dessa typer:

Otät vägg:

- Glespanel är en vägg med ett mellanrum mellan varje plank. Det finns olika avstånd för vilken genomsläpplighet som önskas. Se figur 6. (Ehrlemark, 1995)
- Nät i plast eller metall med olika täthet mellan maskorna för olika genomsläpplighet. Se figur 7. (Bovema AB, 2004)

Ventilationsöppning:

- Vipplucka med genomgående axel. Se figur 8. (Ehrlemark, 1995)
- Vipplucka med fäste upptill eller nedtill på luckan. Se figur 9 och 10. (UBA- Uno Borgstrand AB, 2004)
- Skjutlucka som justeras i höjdd. Se figur 11. (Ehrlemark, 1995)

Öppningsbar vägg:

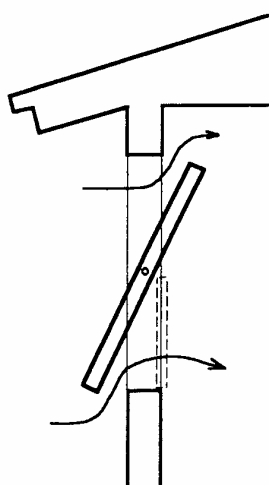
- Gardin som rullas upp eller ner för att justera luftintaget med nät bakom för att förhindra att fåglar kommer in i stallet. Se figur 12. (De Boer Stalinrichtingen B.V., 2004)
- Uppblåsbar dubbel transparent plast som blåses upp med fläktar för att reglera öppningen. Se figur 13. (De Boer Stalinrichtingen B.V., 2004)



Figur 6. Glespanel



Figur 7. Vindnät



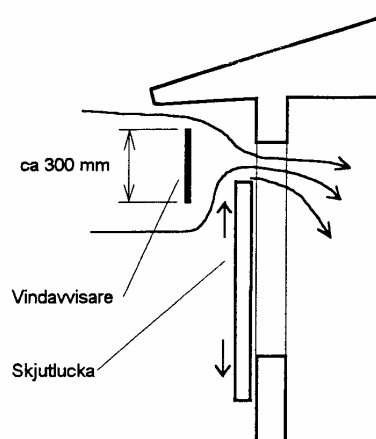
Figur 8. Vipplucka med genomgående axel. (Ehrlemark, 1995)



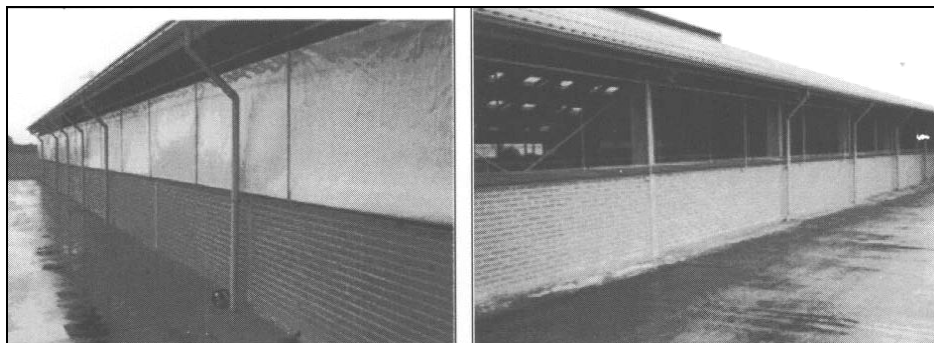
Figur 9. Vipplucka med fäste upptill. (UBA-Uno Borgstrand AB, 2004)



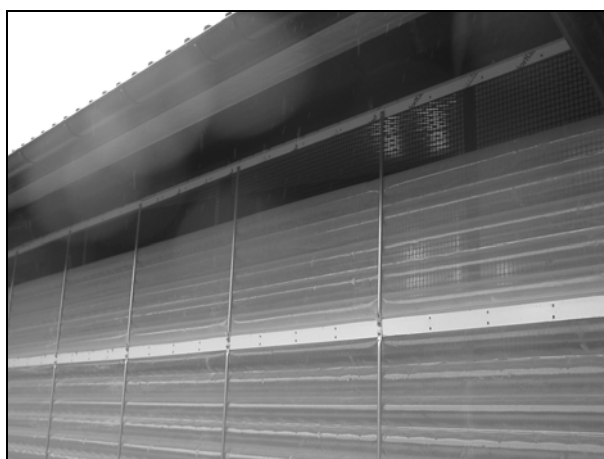
Figur 10. Vipplucka med fäste nedtill. (UBA-Uno Borgstrand AB, 2004)



Figur 11. Skjutlucka i höjdlöd. (Ehrlemark, 1995)



Figur 12. Rullgardin (De Boer Stalinrichtingen B.V., 2004)



Figur 13. Uppblåsbar dubbel transparent plast

ANDRA MILJÖFAKTORER

Det rekommenderade minimikravet på ljusstillgången inne i djurstallar är 75 lux. Ett djur som vistas i ett stall ska ha tillgång till dagsljus. Det behöver inte vara fönster som förser djuren med ljus utan det kan vara transparent plast eller liknande. Stallar ska även ha artificiellt ljus som inte ger obehag för djuren samt underlättar stallarbetet. (Ascàrd & Svala, 1992)

Djur i stallar får tillfälligtvis utsättas för mekaniskt buller överstigande 65 dBA. Vid en högre ljudnivå och frekvens är det större risk att stallmiljön blir skadlig för djuren (SJVFS 2003, 2004).

Då luftrörelser är beroende av temperatur och den relativa fuktigheten finns det egentligen ingen specifik angiven siffra m/s. Detta beror i sin tur på om djuret har möjlighet att gå till en dragfri plats i stallet, vilket djurslag, går djuren på bete eller befinner de sig inomhus osv. I detta arbete behandlas mjölkkor och de har en isolerande päls samt att de mjölkar mycket vilket gör att de producerar mycket värmeenergi. Enligt Sällvik (pers. medd., 2004) är det ”drag” hos nötkreatur vid lufthastigheten 0,3 m/s när omgivningstemperaturen är 10°C (se Tabell 1.på nästa sida). Nötkreatur klarar 0,3 m/s jämfört med svin som klarar 0,2 m/s då svin inte har en lika tjock päls. Det förutsätter att man utgår från 90 % regeln som är den maximala

numeriska summan av stalltemperaturen och den relativa fuktigheten. Se Tabell 1. nedan.
(SJVFS 2003, 2004)

Tabell 1. 90 % regeln om luft rörelser till svin och nöt (pers. medd. Krister Sällvik, 2004)

		Svin	Nöt
Temperatur, °C	Max Relativ fuktighet, %	Max Lufrörelser, m/s	Max Lufrörelser, m/s
10	80	0,2	0,3
15	75	0,2	0,4
20	70	0,4	0,8
25	65	0,6	1,2
30	60	1,6	

MATERIAL OCH METOD

Utrustningen jag använde till mina försök var fem stycken elektriska loggrar av typ Tinytag+ 12 –40/85°C och Tinytag Plus H°C/% RH som var fördelade inne i stallet samt en utomhus för varje gård. Loggrarna inomhus var uppsatta för att ge en genomsnittlig uppfattning om stallklimatet och för att få en möjlighet att se om temperaturen och den relativa fuktigheten skiljde sig åt på de olika platserna i stallet. Loggrarna mätte temperaturen och den relativa fuktigheten var femtonde minut. Jag mätte också temperaturen och den relativa fuktigheten vid varje besök och använde mig då av en slungpsynkrometer både ute och inne. Den fungerade som referens till de elektriska loggrarna. Slungpsynkrometern har en vanlig termometer samt en med en fuktig tygbit på som jag fuktade innan mätning och fick då den fuktiga temperaturen. Slungpsynkrometern snurrades runt under en minut. Sedan använde jag mig av Molliere-diagrammet för att få fram den relativa fuktigheten.



Figur 14. Tinytag+ 12 –40/85°C



Figur 15. Tinytag Plus H°C/% RH

Ljudet mätte jag vid varje besök med en Presitionsljudmätare av typen 2203.

När jag mätte ljudnivån så placerade jag mig i mitten av stallet och ställde in ljudmätaren först på snabb samt riktade mikrofonen åt det hållet jag tänkte mäta och läste av. Efter att jag mätt ljudnivån åt båda hållen med samma inställning bytte jag och mätte långsam på samma sätt. Snabb och långsam inställning betyder hur fort ljudmätaren ger utslag på ljud. Ljud mäts i dB.

Vid varje besök mättes ljuset med en ljusmätare av modell Meterman LM631. Ljusmätaren består av en sensor som känner av ljusintensiteten. För att kunna mäta ljuset tog jag av skyddet på sensorn och höll den där jag ville mäta och sedan läste av.

Anledningen till att jag valde Bollerup som referensgård var att båda stallen har tre liggbåsradar på var sida om foderbordet vilket gör de båda gårdarna jämförbara. Båda gårdarna ligger runt Sjöbo och som gör att klimatet är ungefär det samma. Sedan visste jag inte riktigt om Brandstadholm skulle ses som ett oisolerat stall eller ett isolerat stall.

BRANDSTADHOLM

Gården Brandstadholm ligger norr om Sjöbo på vägen mot Hörby. Under hösten blev de färdiga med sitt nya djurstall som rymmer 250 kor. Korna mjölkas i 30° vinklad fiskbensgrop (2*10). Det finns tre liggbås på varje sida om foderbordet. Hälften av foderbordet har låsbara fodergrindar medan andra hälften har två järnrör som ser till att djuren inte kommer ut på ”matbordet”.

Taket har regleradnockventilation som också fungerar som ljusintag. Taket och de båda gavlarna är isolerade medan stallets långsidor är öppningsbara och består av dubbel transparent plast (se Figur 16). Dessa fylls av luft med hjälp av fläktar då väggen är stängd (se Figur 17). Väggen har tre ventilationssteg, då steg ett är en öppning på ca 30 cm vid takfoten, steg två är när väggen är öppen till hälften och steg tre är när väggen är öppen helt. Väggen fungerar som tilluftsdon. Ventilationssystemet består av naturlig ventilation.



Figur 16. Uppblåsbar dubbel transparent vägg



Figur 17. Fläktar till väggen

Stallsystemet kom till för att ventilationen sommartid inte räcker till och det blir för varmt inne i ett traditionellt stall med fasta väggar samt luften blir dålig. Men genom att bygga ett stall med öppningsbara långsidor så löstes problemet. Företaget som tillverkar denna typ av stall heter ”De Boer” och huvudkontoret ligger i Holland.

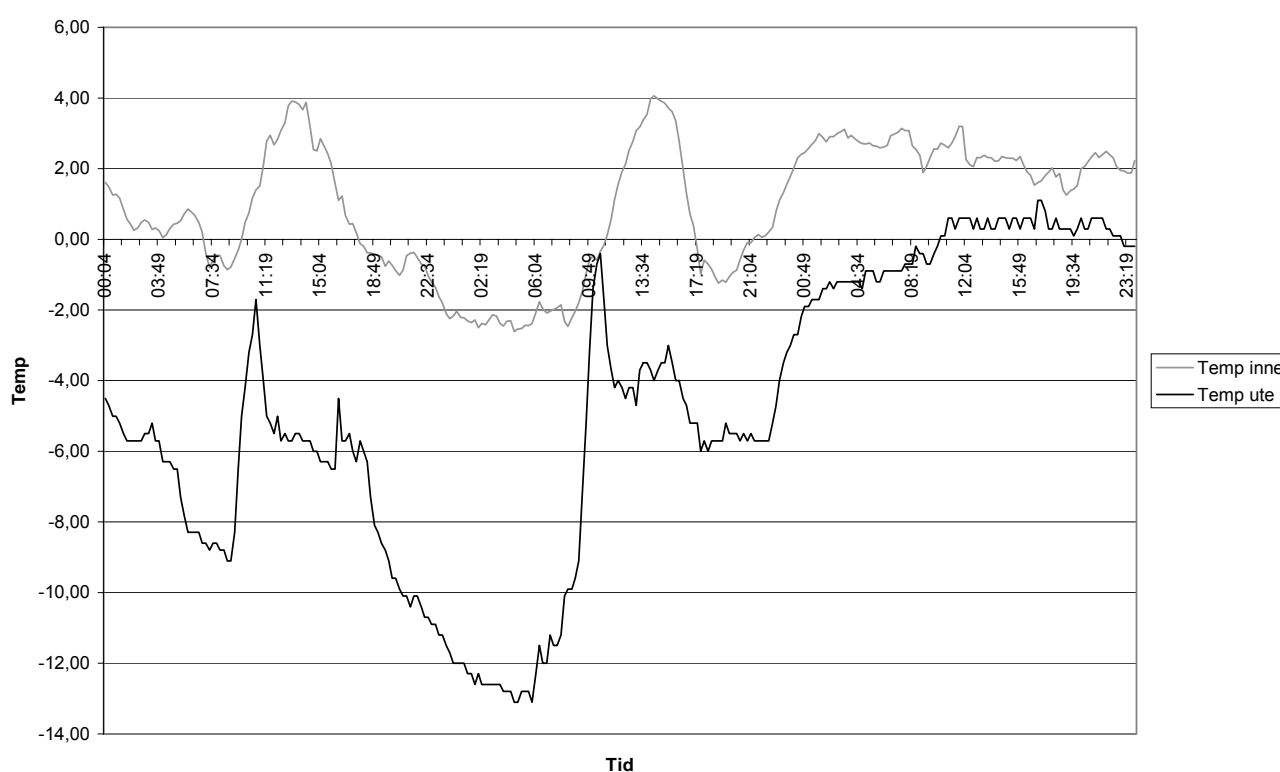
BOLLERUP

Bollerup ligger 16 km nordöst om Ystad och är Sveriges största skoljordbruk. De har grisar, hästar, köttdjur och mjölkkor.

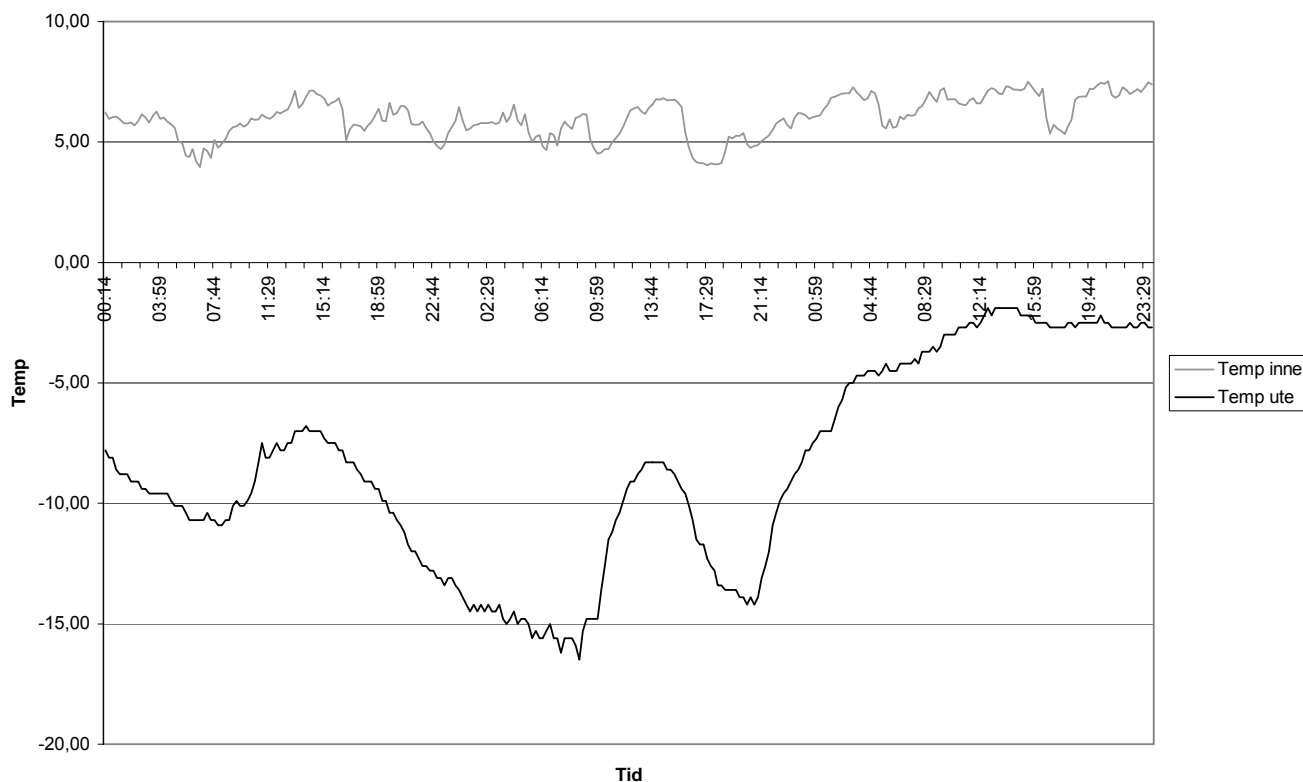
Stallet rymmer 116 kor samt fyra kalvningsboxar och har ett körbart foderbord med låsbara fodergrindar. Det finns tre liggbås på var sida om foderbordet. Korna mjölkas i två Lely robotar (en robot på var sida om foderbordet). Stallet har naturlig ventilation med öppen nock och vippluckor som tilluftsdon samt glespanel på gavlarna. Varje gavel har tre fönster men den ena sidan har ett mindre ljusinsläpp på grund av att ungdjursstallet är byggt på en del av gaveln. Taket är oisolerat och väggarna från takfoten och ner består av betong.

RESULTAT

Diagrammen visar att Bollerups innetemperatur följer utetemperaturen men med en liten fördröjning (se Figur 18 nedan) och stora temperatursvängningar/dygn jämfört med Brandstadholm som håller en jämnare innetemperatur med små temperatursvängningar/dygn (se Figur 19 på nästa sida). Bollerups genomsnittliga U-värde uppskattas till ca $3,7 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Brandstadholm som har en bättre isolering och det genomsnittliga U-värdet antas vara ca $0,4 \text{ W/m}^2\text{°C}$ i byggnaden inklusive tilluftsdonen. Värmebalansberäkningen (se bilagor nr 1 och 2) styrker detta. Resultatet visar att en innetemperatur på $+6^\circ\text{C}$ (t_{iv}) och utetemperatur på $-10,5^\circ\text{C}$ (t_{uv}) gör att stallet inte behöver värmas upp.



Figur18. Temperatur inne och ute på Bollerup under 3 dygn (21-23/2-04)



Figur 2. Temperatur inne och ute på Brandstadholm under 3 dygn (21-23/2-04)

RELATIV FUKTIGHET

Skillnaden mellan Bollerups genomsnittliga relativa fuktighet ute och inne är ca 3 procentenheter medan skillnaden på Brandstadholm är 1 procentenhet. Se Tabell 2. nedan.

Tabell 2. Relativ fuktighet i % under 3 dygn (21-23/2-04)

	Bollerup		Brandstadholm	
	Ute	Inne	Ute	Inne
Medel	90,7	93,62	90,33	91,36
MIN	63,3	70,3	68,7	77,8
MAX	100	100	100	100

Vid en jämförelse av de båda stallen fann jag att Bollerup har en högre genomsnittlig relativ fuktighet inne. Detta beror på att Bollerup är helt oisolerat. Stallet på Brandstadholm är varmare och har en lägre relativ fuktighet vilket beror på att byggnadens tak och gavlar är isolerade. Bilagan visar 6 olika dygn med utmärkande dygnsvariation (se Bilaga nr:3). Den genomsnittliga relativa fuktigheten inne av dessa 6 dygn är på:

- Bollerup 93,56 %
- Brandstadholm 86,26 %

LJUS

Tabell 3. bekräftar att det finns ett tillfredsställande ljus på Bollerup minimikravet är 75 lux. En kommentar till de olika värdena är att från den 14/12-03 till 21/3-04 var det blåsigt och mulet samt att det den 21/3-04 regnade.

Tabell 3. Genomsnittsvärden av ljuset i lux på Bollerup

	1/12 2003	14/12 2003	27/1 2004	21/3 2004
Ute	4 580	2 200	7 070	11 000
Genomsnitt inne	2 004	449	393	791
Min	1 130	160	190	290
Max	3 190	730	560	1 430

Tabell 4. visar att det finns ett tillfredsställande ljus på Brandstadholm men jag måste kommentera det genomsnittliga minvärdet som är 70 lux och därmed under det minimumkravet som är 75 lux. Denna mätpunkt sitter i närheten till mjölkgruppen som har byggts i en 90° vinkel till stallet. Den 14/12-03 hållregnade det samt att det snöade den 27/1-04.

Tabell 4. Genomsnittsvärden av ljuset i lux på Brandstadholm

	1/12 2003	14/12 2003	27/1 2004	21/3 2004
Ute	4 530	4 120	8 160	18 040
Genomsnitt inne	820	210	201	409
Min	390	70	110	130
Max	3 230	450	440	950

LJUD

Bollerups mätvärden är något för höga än vad Jordbruksverkets förordningar och regler har som Max krav 65 dBA. Djur får enbart vistas tillfälligt i ett stall med sådan ljudnivå. Bollerup har, som tidigare nämnts, 2 st. robotar och 2 st. foderautomater. Ljudet påverkas också av glespanelen vid kraftig vind. De lägre värdena i Tabell 5. är riktade från robotarna. Den 21/3-04 blåste det 9-12 m/s samt att robotarna gick för fullt och fåglarna tjattrade.

Tabell 5. Resultat av ljudmätning angivet i dBA på Bollerup

	1/12 2003	14/12 2003	21/3 2004
Snabb	65	66	67
Långsam	64	65,5	67

På Brandstadholm den 1/12-03 var djuren nyfikna och hade mat på foderbordet. Bullermätaren gav stora utslag när djuren gick genom de låsbara fodergrindarna därav de högre värdena. De andra gångerna var foderbordet tomt. Den 21/3-04 gick utgödslingen under L-inställningen som förklarar skillnaden mellan de båda mätningarna den dagen. Se Tabell 6. nedan.

Tabell 6. Resultat av ljudmätning angivet i dBA på Brandstadholm

	1/12 2003	14/12 2003	21/3 2004
Snabb	64,5	52	53
Långsam	65	54	58

LUFTRÖRELSER

Jag har inte fått några anmärkningsvärda luft rörelser inne i stallen. De värden jag mätt har varit under 1 m/s men den 21/3-04 blåste det 9-12 m/s ute på Bollerup och mätningen visade då 1,4 m/s inne vid glespanelen. Samma dag på Brandstadholm blåste det 6,6 m/s ute och 0,12 m/s inne. Det finns inget drag direkt på djuren i båda stallen d.v.s. mindre än 0,3 m/s.

DISKUSSION

Det jag har fått fram genom mina mätningar på Bollerup är att det är ett typiskt oisolerat stall. Bollerup har en mer varierande stalltemperatur och följer utetemperaturen som beror på att stallen är oisolerat vilket kan ge större temperatursvängningar. Blir svängningarna för stora och ofta förekommande påverkas djuren av en negativ termisk komfort. När stallen är kallt anlägger korna päls för att hålla sig varma. Vid en temperatursvängning till en varmare stalltemperatur börjar djuren svettas på grund av pälsen som vid en ytterligare temperatursvängning till en kallare innetemperatur gör att djuren fryser. Brandstadholm fungerar som ett delvis isolerat stall och upplevs vara mer behagligt att vistas i då stallen har en jämnare stalltemperatur jämfört med Bollerup.

Som framgår av resultatet har en isolering i taket och i gavlarna en betydelse. Bollerups relativa fuktighet är inte dålig jämfört med andra oisolerade stall då den relativa fuktigheten kan vara närmare 100 %.

Jag har under försökens gång tyckt att Bollerup kändes ljusare än Brandstadholm. Resultaten av ljudmätningen visar att det också är så. Båda stallen uppfyller dock kraven på ljusstyrka. Ljuset blir troligen starkare på Brandstadholm när väggen öppnas mer än 30 cm. Djuren får väldigt mycket ljus vid foderbordet som kan kompensera att det är lite mörkare vid liggbåsen. Det man kan göra för att få mer ljus vid liggbåsen är att ha ett ljusgenomsläppligt tak utmed sidorna.

På Bollerup är ljudnivån på gränsen till godkänd, detta beror på de två mjölkningsrobotarna och foderautomaterna samt vid kraftig blåst bidrar även glespanelen till höjd ljudnivå (se resultat 21/3-04). Båda robotarna står i varsitt "rum" som skulle kunna vara bättre ljudisolerade. Man skulle också kunna förhindra att fåglar kommer in i stallen och tjuattrar genom att sätta nät vid tilluftsdonen ochnocken. Bollerup bör göra något åt ljudnivån för allas trivsel. Brandstadholm är ett väldigt tyst stall och påminner om när man sitter i en snögrotta och känner den påtagliga isoleringen. Det som ger utslag vid mätningarna är när djuren äter och de låsbara fodergrindarna slår mot järnröret och när utgödslingen går (se resultat 1/12-03 och 21/3-04).

Bollerup upplevs ha större luftströmlar än vad det är. Det är främst vid glespanelen och portarna på samma gavel som verkar ge drag. När det blåser kraftigt ute känns det dragigare inne i hela stallen. Jag tyckte att det drog mer på djuren i liggbåsen just vid glespanelen men mätningarna visar att det inte är så. Vippluckorna på norrsidan är de huvudsakliga tilluftsdonen samt glespanelen i väst. Brandstadholm kan kännas dragigt i hörnen ibland men mätningarna gav väldigt låga värden och överstiger inte 1 m/s. Stallen upplevs inte vara dragigt och det finns inget drag direkt på djuren. Huvudsakligen kommer den friska luften från väster. Vid kraftig blåst kan plastväggen slå mot nätet i stallen och skapa onödigt ljud.

Tidigare ställde jag mig frågan om ett stall med transparent plast som tilluftsdon kunde bli det framtida djurstallet, istället för konventionella stallar i betong. Jag tror stort på detta stallsystem då stallen fungerar som en delvis isolerad byggnad med naturlig ventilation. Med "delvis isolerad" menar jag att klimatet inne håller en mycket jämnare temperatur i förhållande till utetemperaturen, men värmen i stallen påminner mer om ett oisolerat stall med naturlig

ventilation. Djurägaren slipper både svettiga kor och kor som fryser alltefter skiftande utetemperatur och dålig ventilation. Den termiska komforten är mycket bra och den relativa fuktigheten är betydligt lägre i detta system med öppningsbara långsidor vid en jämförelse med ett typiskt oisolerat stall med naturlig ventilation. Plastväggen isolerar bra på vintern som framgår av mina resultat. Nu återstår det att se hur stallet fungerar sommartid. De transparenta plastväggarna är lätta att montera. Fläktarna till plastväggen förbrukar ytterst lite el vilket är positivt för elräkningen. Enligt Per Stensson (pers. medd., 2003) skär man ner på kostnaderna när stallet byggs men han tror underhållet kan bli dyrare än hos en stallbyggnad av betong. Detta kan ju vara positivt då man minskar utgifterna vid byggtillfället (De Boer Stalinrichtingen B.V., 2004).

REFERENSER

Skriftliga källor

Ascárd, K., Svala, C. 1992. Systemlösningar för jordbrukets driftsbyggnader- Ombyggnadshandbok stallar för mjölkproduktion, LT:s förlag, Stockholm, SLU institutionen för lantbrukets byggnadsteknik, LBT; Lund, ISBN 91-36-03022-8

Ehrlemark, A. 1995. Dimensionering av naturlig ventilation. Uppsala, SLU institutionen för lantbruksteknik Avdelning för byggnadsvetenskap, Rapport 197, ISSN 0283-0086, ISRN SLU-LT-R-197-SE

Svedinger, S. 1995. Byggnader för jordbruket- Planering och utrustning, LT:s förlag, Stockholm, ISBN 91-36-01538-5

Jordbruksverket, 2003. Statens jordbruksverks föreskrifter om djurhållning inom lantbruket mm. Statens jordbruksverks författningssamling, SJVFS 2003:6 Jönköping.

Svensk Standard. 1992 Lantbruksbyggnader- Ventilation, uppvärmning och klimatanalys i värmeisolerade djurstallar- Beräkningsregler. SS 951050 utgåva 2, Standardiseringskommisionen i Sverige, Stockholm.

Brovema AB, <http://www.brovema.se> (19 april, 2004)

De Boer Stalinrichtingen B.V. <http://www.deboerstal.com> (17 januari, 2004)

Sveaverken Agri AB, <http://www.sveaverken.se> (18 april, 2004)

Trejon AB, <http://www.trejon.se/content.php?s=150> (20 april, 2004)

Uno Borgstrand AB, <http://www.uba.se> (19 april, 2004)

Personliga meddelanden

Benkt Persson, Lantmästare, Stallsystem i Dalby AB, Lund, nov 2003.

Krister Sällvik, Professor, Institutionen för JBT, Alnarp, april 2004.

Per Stensson, Lantbrukare, Brandstadholm, Vollsjö, december 2003

Värmebalansberäkning T_{iv} 6 T_{uv} -10 Δ_t 16

Djur	Min vent m ³ /tim	Max vent m ³ /tim	Värmeavgivning
Slag	á	á	á
antal	summa	summa	summa
Ko 10000/640	110	118	12980
		392	43120
			867
			95370
			0
			0
			0
			0
			0
			0
Summa	q-min	12980	q-max
		43120	P-iv
			95370 W

Värmeavgivning P-iv**95370 W****Ventilationsförluster P-vent****q-min * 0,33 * Δ_t**

12980

0,33

16

=

68534,4 W

Byggnadsdel	Antal	m ² /st	A m ²	U, W,m ² /C	A*U
Yttervägg brutto			0		
Fönster	50,4	1	50,4	2,7	136,08
		2	0	1	0
Portar	2	10	20	1,5	30
Gavelspets	2	98	196	3	588
Yttervägg nedre	384	1	335	0,27	90,45
Yttervägg, netto			0	0,25	0
Innertak			5352	5,3	28365,6
Golv			1980	0,27	534,6
Summa			7933,4		29744,73
Vägg mot varmt utrymme			49	0,27	13,23
					0

Transmissionsförluster P-trans summa (A*U) * Δ_t **A*U**

16

29744,73

=

475915,7 W

14 grader inne

8

13,23

-105,8

Tillskottsvärme från mjölkkningsrobotarna

1000,0 Gissat

Värmebalans Piv - Pvent - Ptr

-449974,2 W

Temperatur för värmebalans

3,197 °C

Byggnadens genomsnittliga U-värde

3,7493

	Bollerup
Yttermått, m	36*28
Takfot, m	3,5
Medel ko antal/vikt	110/650
Övriga djur	-
Avkastning, kg	10000

Isolering i väggen Branstadholm

	Tak cembolit	Gavel glespanel	Betong block	Golv
Övergångsmotstånd	0,17	0,17	0,17	0,17
Ytbeklädnad ute	0,018	0,15	0,05	0,1
Mineralull		0,31	3,4	3,4
Ytbeklädnad inne	0	0	0,05	
R-värde	0,188	0,63	3,67	3,67
U-värde	5,319149	1,587302	0,272479564	0,27248

Värmebalansberäkning

 T_{iv} 12

 T_{uv} -10

 Δ_t 22

Djur	Min vent m ³ /tim	Max vent m ³ /tim	Värmeavgivning
Slag	antal	å summa	å summa
Ko 10000/640	167	118 19706	392 65464
Ungnöt 400	45	39 1755	275 12375
		0	0
		0	0
		0	0
		0	0
Summa	q-min	21461	q-max 77839
			P-iv 167289 W

Värmeavgivning P-iv
167289 W
Ventilationsförluster P-vent
 $q_{\min} * 0,33 * \Delta_t$

21461

0,33

22

=

155806,86 W

Byggnadsdel	Antal	m ² /st	A m ²	U, W/m ² /C	A*U
Yttervägg brutto			0		
Fönster	387	1	387	2,94	1137,78 x 34
Dörrar	4	2	8	1	8
Portar	6	5	30	1	30
Gavelspets	3	238	462	0,28	129,36
Gavel	354	1	160	0,94	150,4 68+40+10
Yttervägg, netto			0	0,25	0
Innertak			5352	0,2	1070,4
Golv			1980	0,27	534,6
Summa			8379		3060,54 0,3652632
Vägg mot varmt utrymme				0,25	0
					0

Transmissionsförluster P-trans summa (A*U)* Δ_t
A*U

22

3060,54

=

67331,9 W

-2

0

0,0

0,0

Värmebalans Piv - Pvent - Ptr
-55849,7 W
Temperatur för värmebalans
-4,494 °C
Byggnadens genomsnittliga U-värde
0,3652632

	Bollerup	Brandstadholm
Yttermått, m		33 x 60
Takfot, m		2,7 / leca 3 m
Medel ko, antal/vikt	110/650	167/640
Övriga djur, antal/vikt -		45/400
Avkastning, kg	10000	10000

Isolering i väggen Brandstadholm

	Tak 170 mineralull	Gavel spetsen 120 mineralull	Gaveln 290 Leca
Övergångsmotstånd	0,17	0,17	0,17
Ytbeklädnad ute	0,15	0,15	0,01
Mineralull	4,511746032	3,184761905	0,878787879
Ytbeklädnad inne	0	0	0,01
R-värde	4,831746032	3,504761905	1,068787879
U-värde	0,20696452	0,285326087	0,935639354
Plastväggen 120 mm bred/60 mm bred		Golv	
	0,17	0,17	
	0	0,1	
	0,17	3,4	
	0		
	0,34	3,67	
	2,941176471	0,27248	

BRANDSTADHOLM

	RF ute	RF inne
--	---------------	----------------

14/12-03

medel	99.02	87.74
min	80.4	68.7
max	100.4	96.6

1/1-04

medel	100	88.39
min	90.5	78.9
max	100.4	97.2

6/1-04

medel	86.24	87.69
min	69.7	75.6
max	100.4	100.2

21-23/2-04

medel	90.33	91.36
min	68.7	77.8
max	100.4	100.2

10/2-04

medel	99.47	84.52
min	86.5	72.9
max	100.4	95.5

12/2-04

medel	85.58	77.86
min	61.5	65.5
max	100.4	90.2
Summa		86,26

BOLLERUP

	RF ute	RF inne
--	---------------	----------------

14/12-04

medel	95.75	95.27
min	80.3	77.7
max	100.2	100.2

1/1-04

medel	98.23	97.94
min	82.8	88.5
max	100.2	100.4

6/1-04

medel	83.62	90.39
min	72.8	77.7
max	94.3	100.4

21-23/2-04

medel	90.7	93.62
min	63.3	70.3
max	100.2	100.4

10/2-04

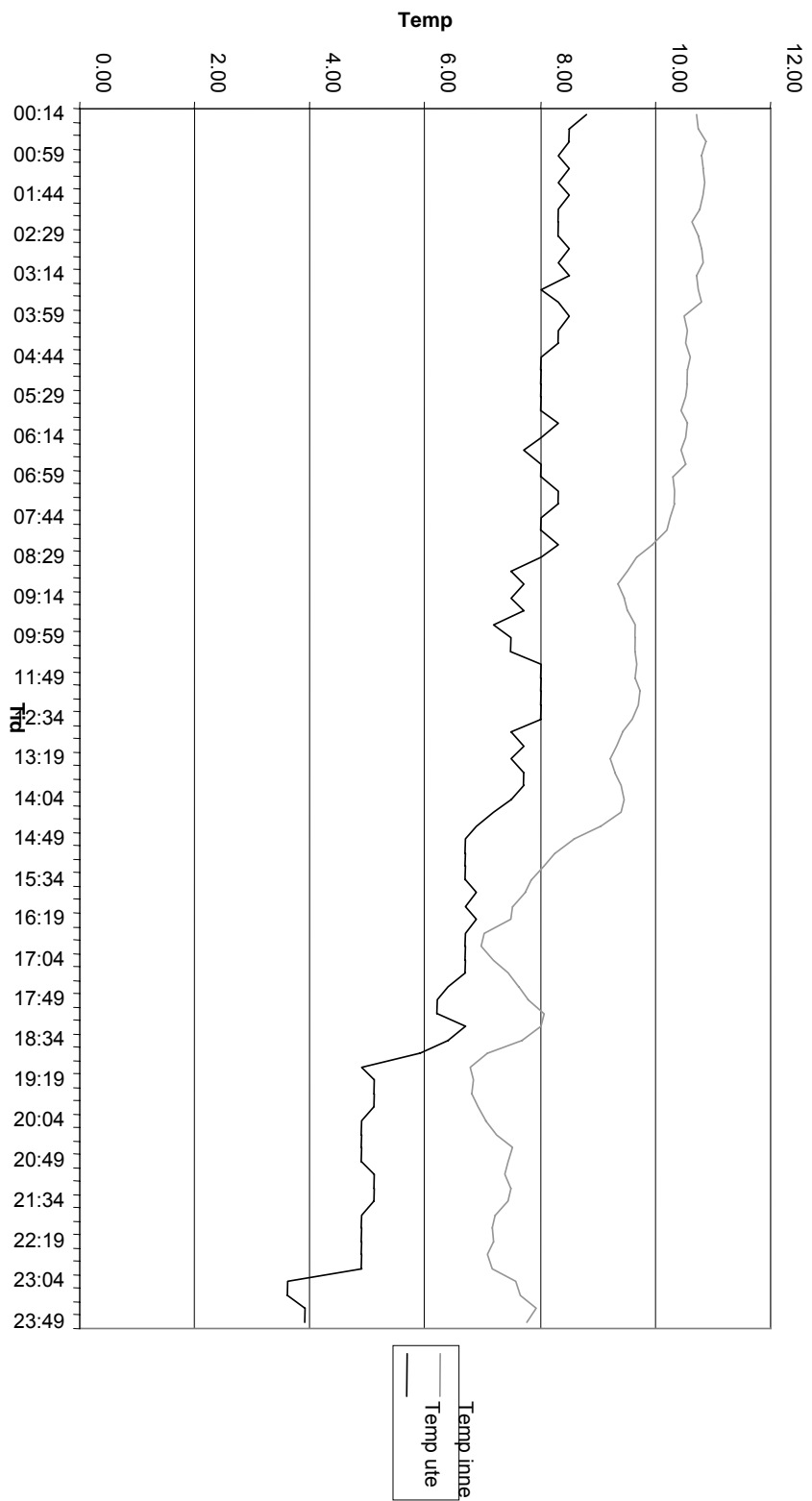
medel	98.59	96.7
min	77.8	86.4
max	100.2	100.4

12/2-04

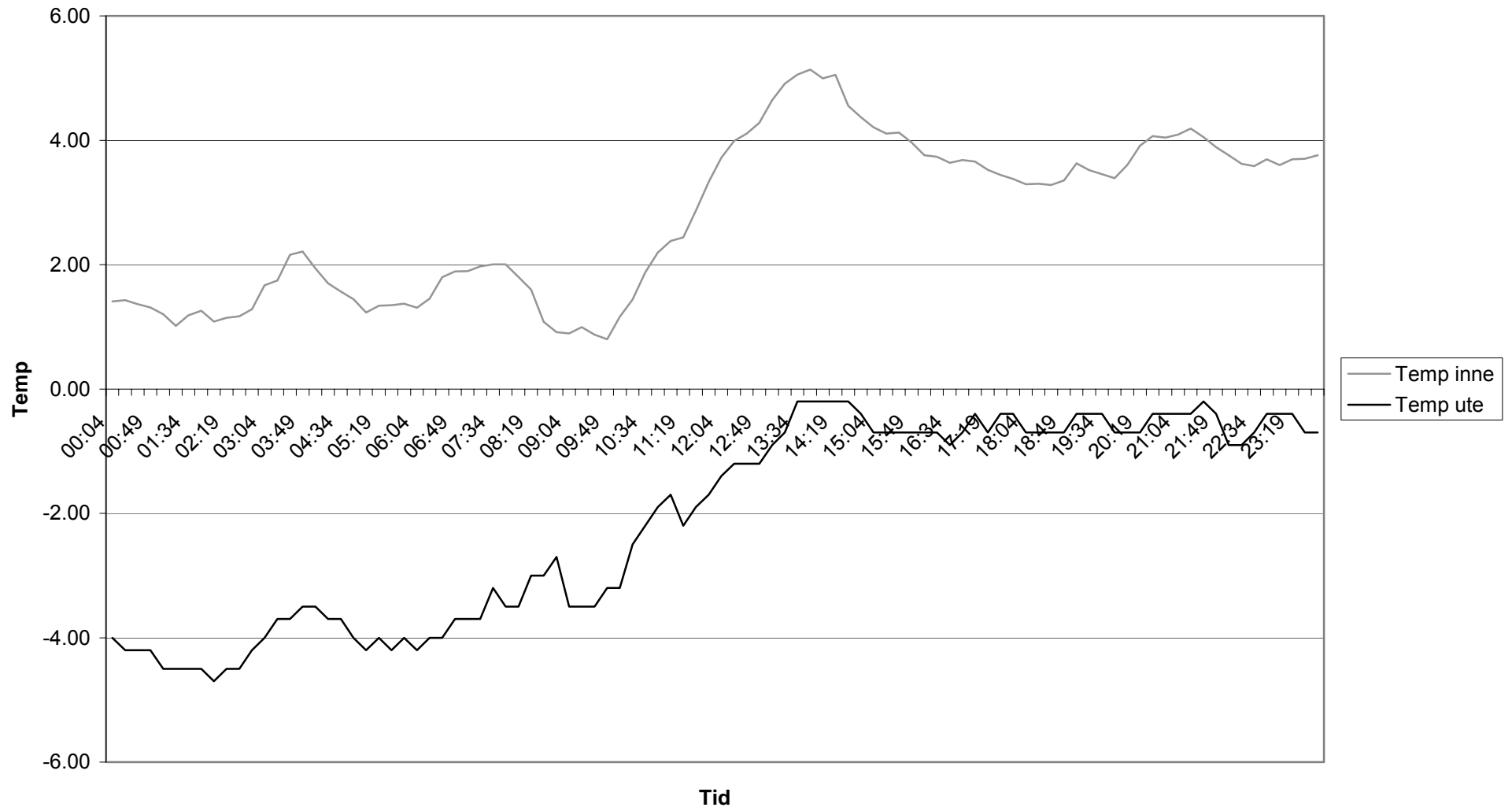
medel	92.78	87.44
min	74.8	68.3
max	100.2	98.7
Summa		93,56

* Genomsnitt för ovanstående perioder av den relativa fuktigheten inne.

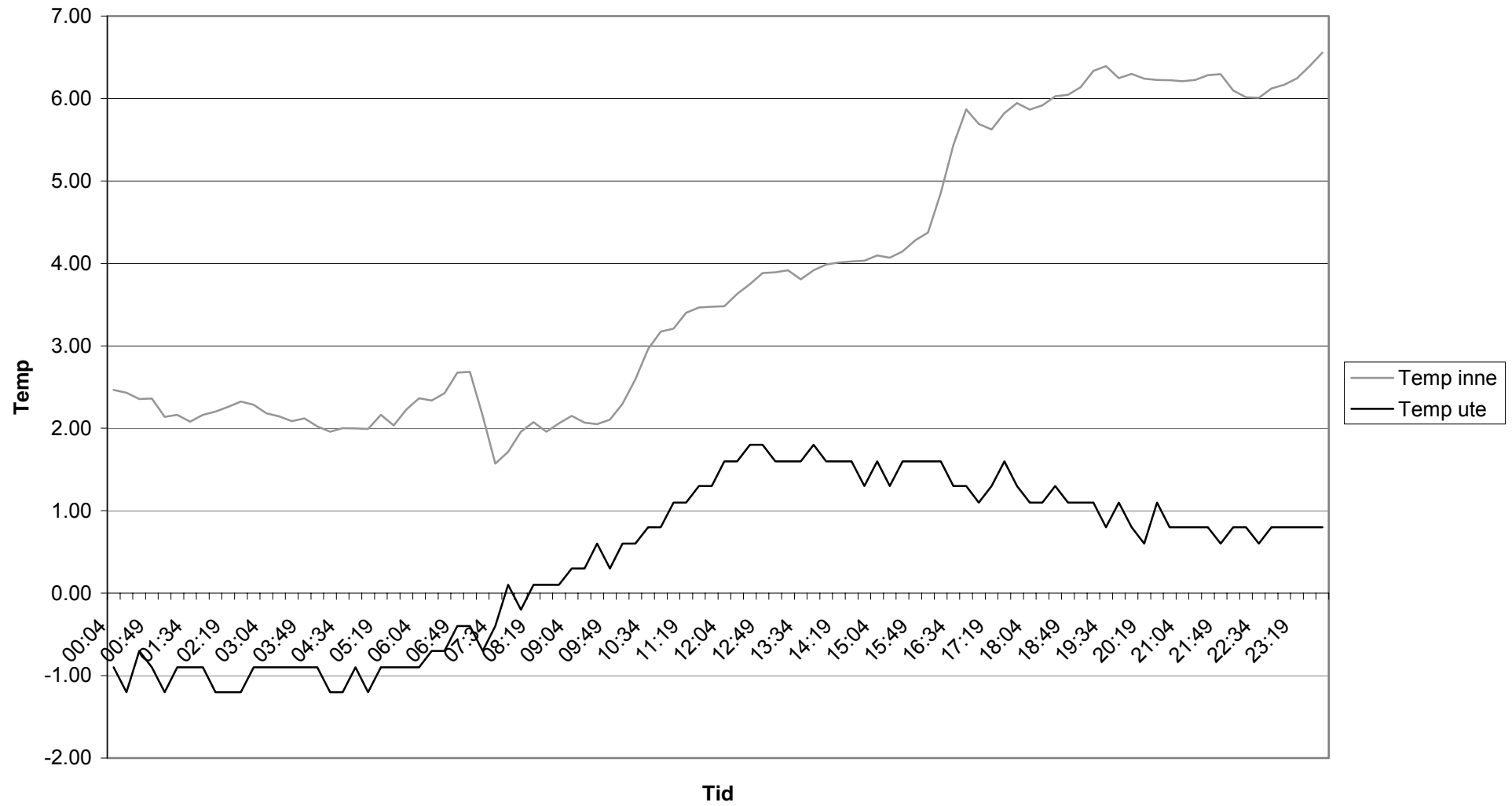
Temperatur inne och ute Bollnäs 031214



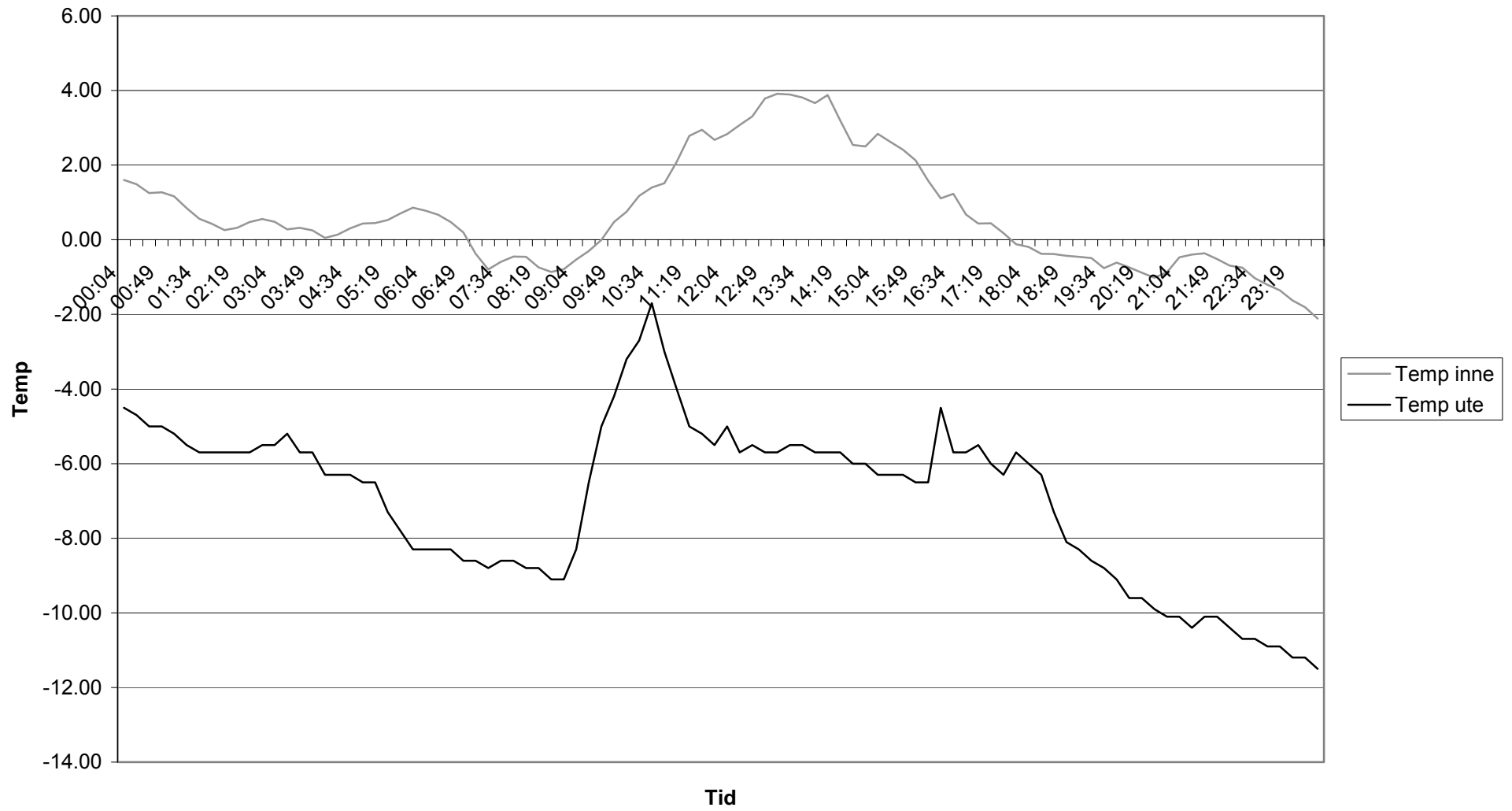
Temperatur inne och ute Bollerup 040101



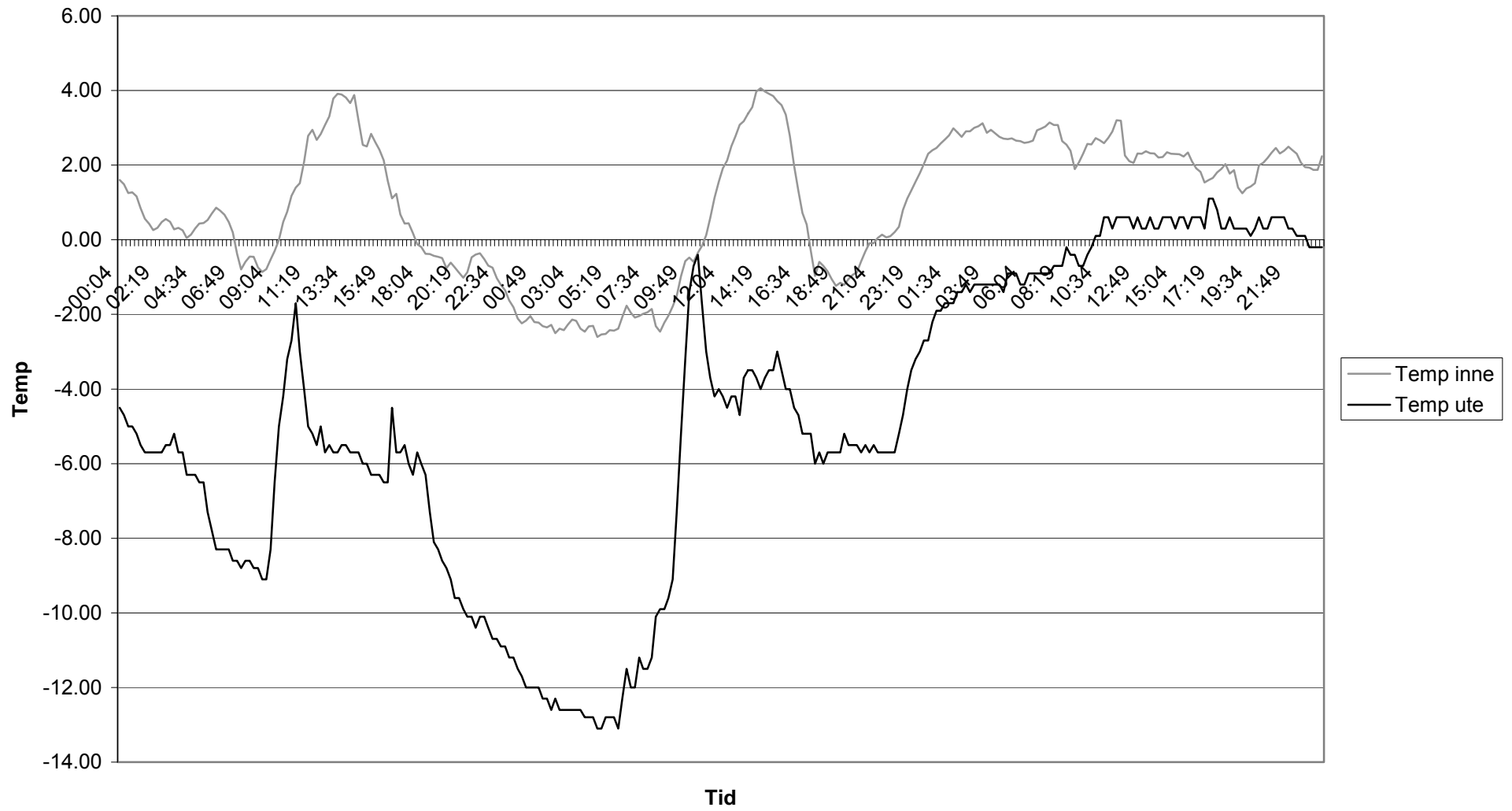
Temperatur inne och ute Bollerup 040106



Temperatur inne och ute Bollerup 040121



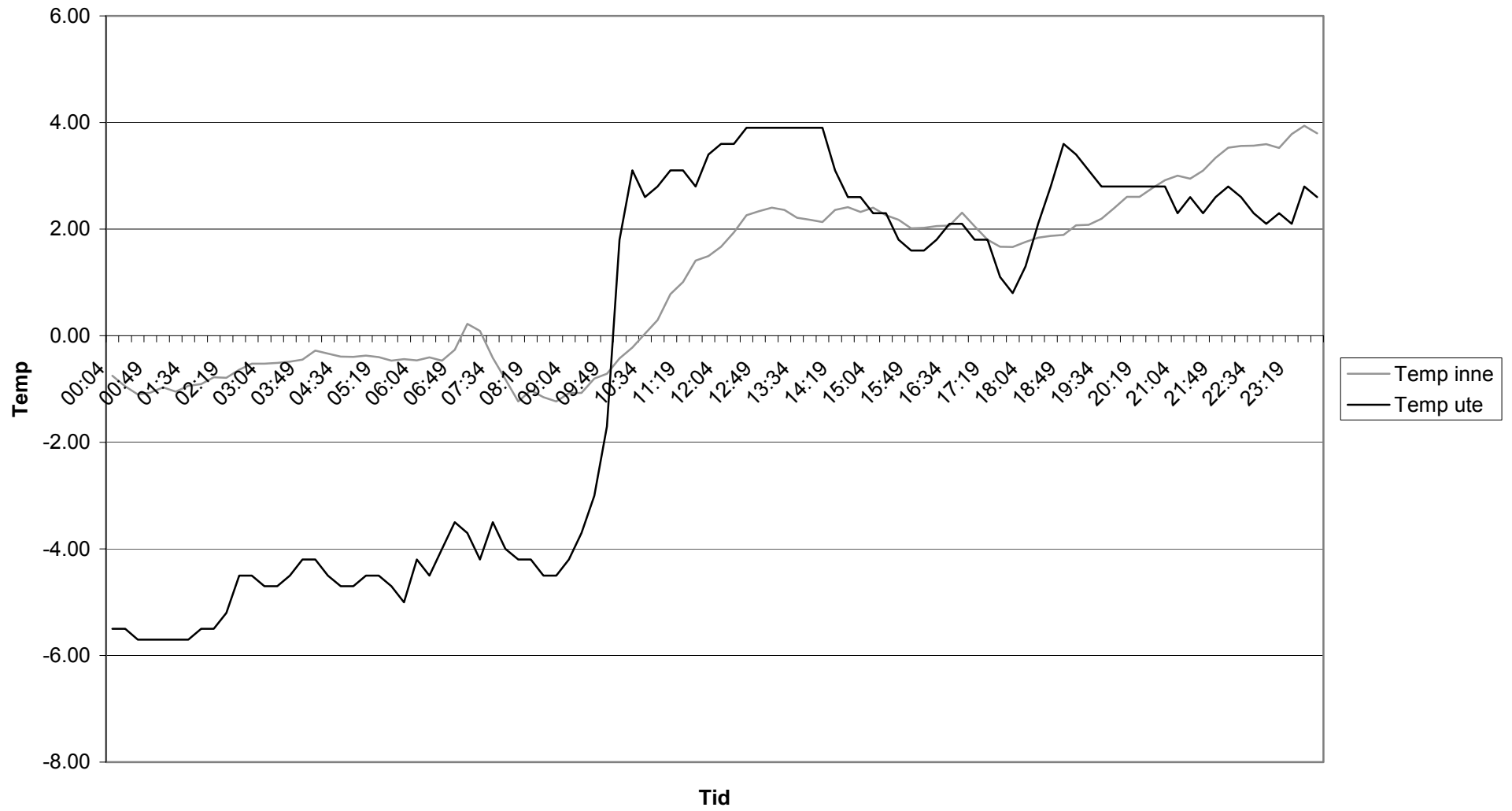
Temperatur inne och ute Bollrup 040121-040123



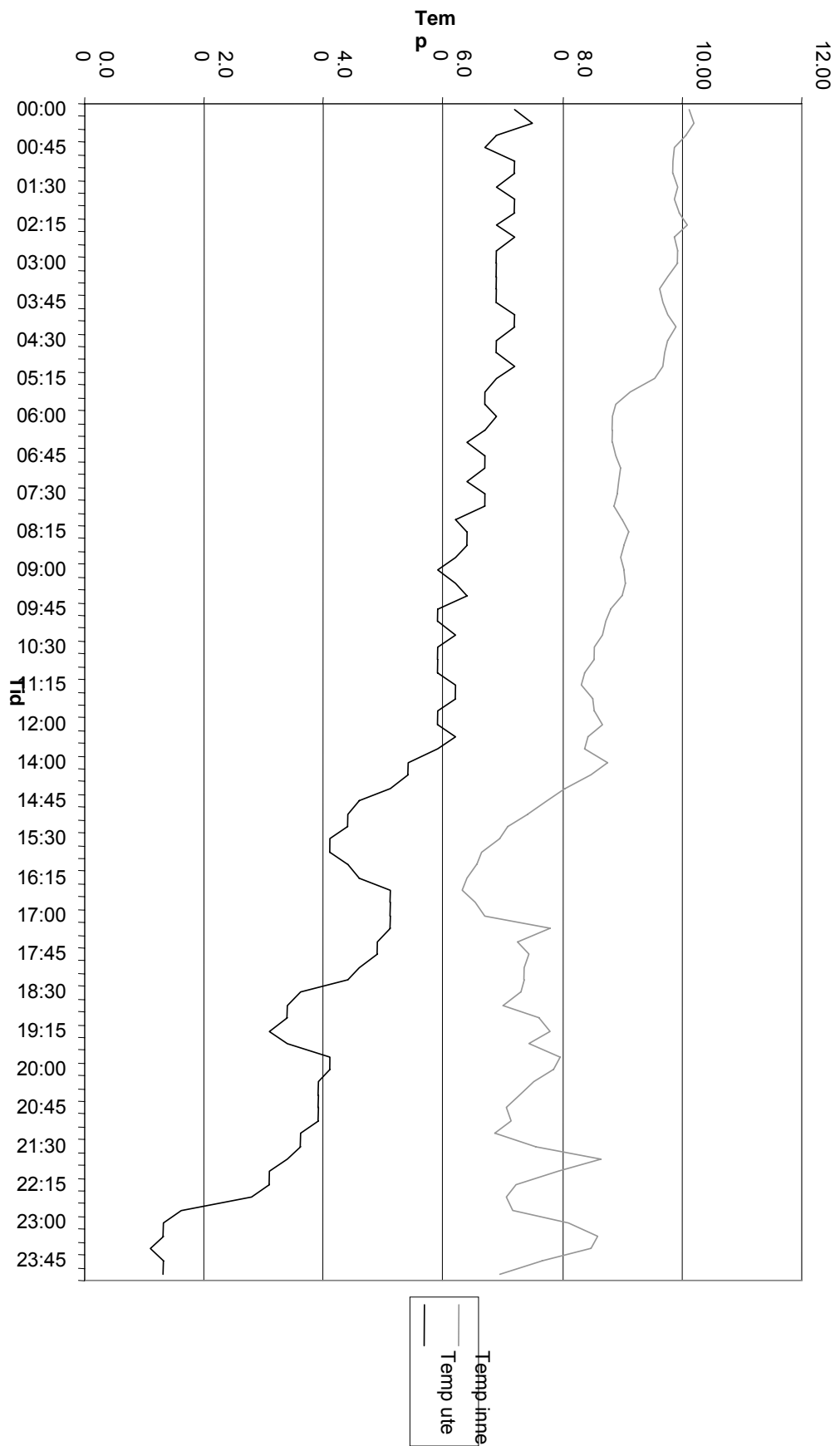
Temperatur inne och ute Bollerup 040210



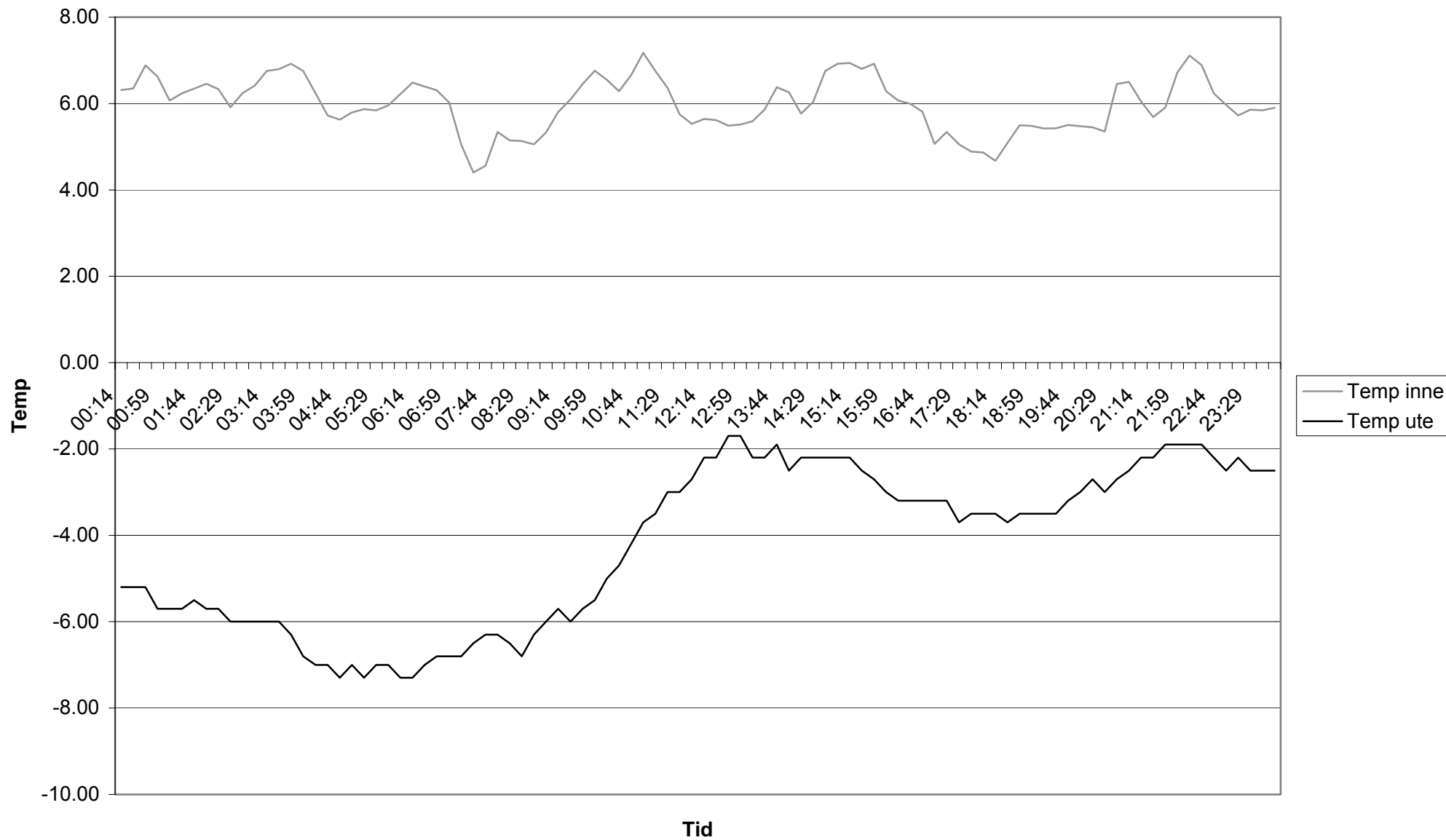
Temperatur inne och ute Bollerup 040212



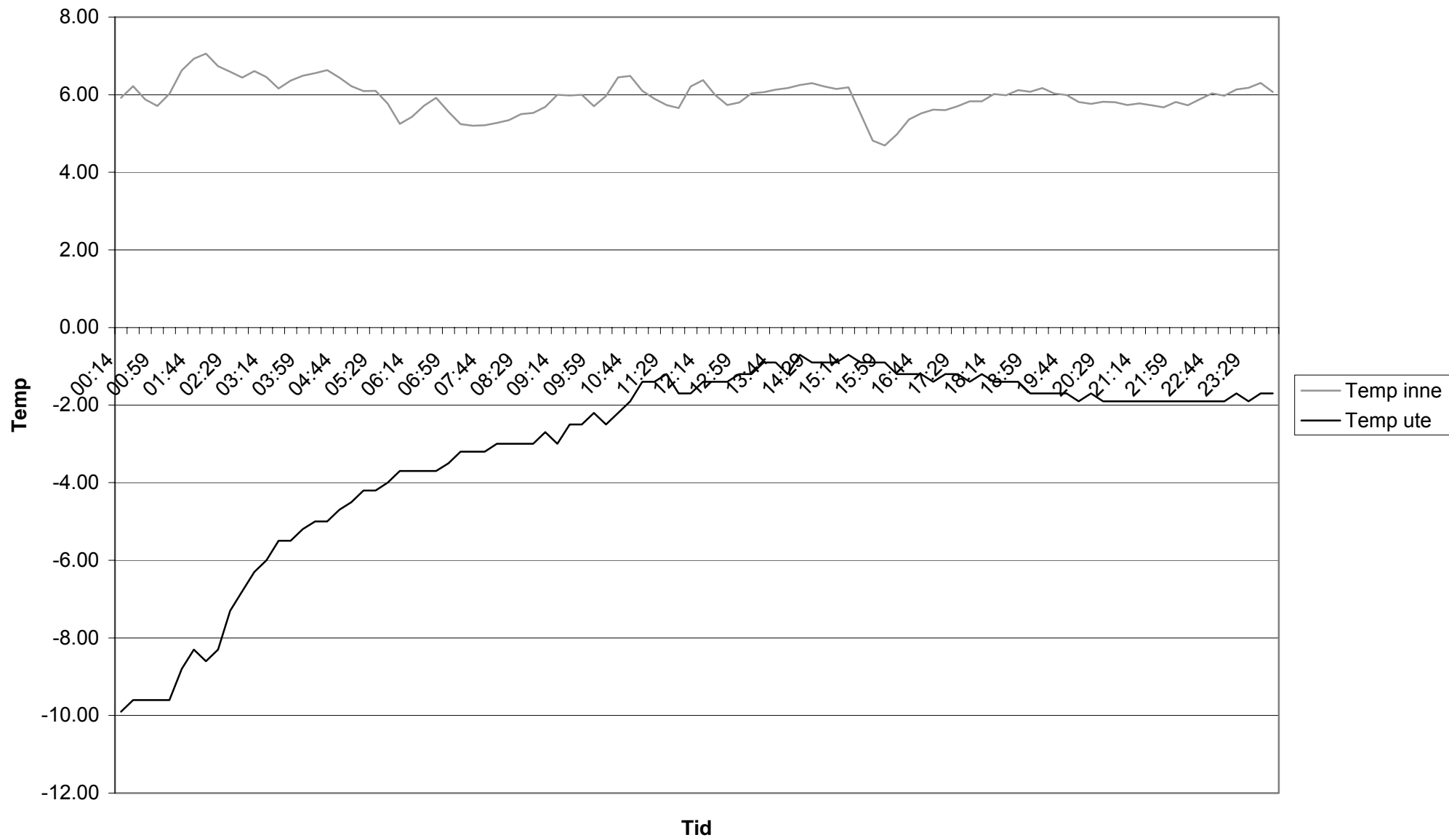
Temperatur inne och ute Brandstadholm 031214



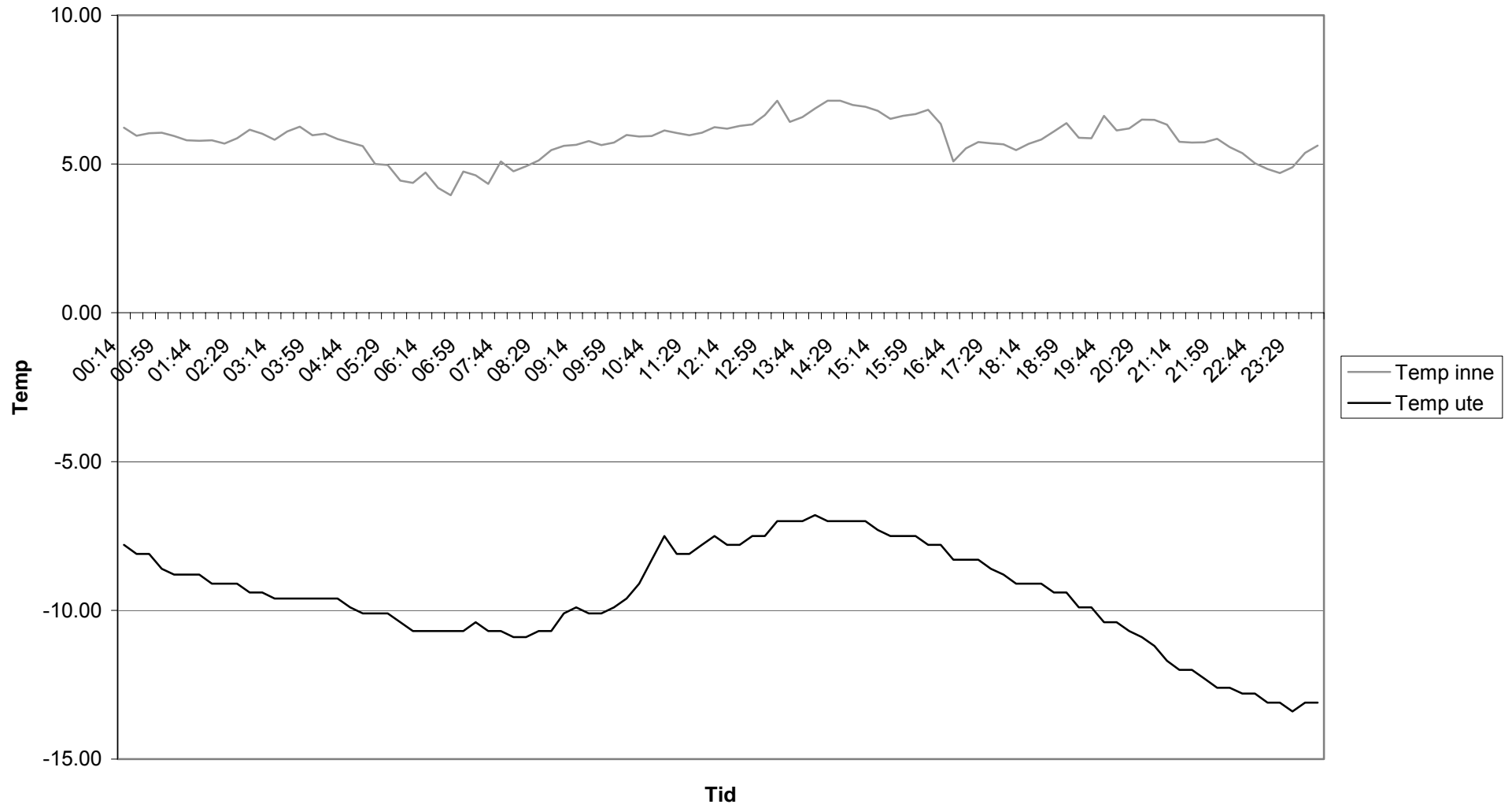
Temperatur inne och ute Brandstadholm 040101



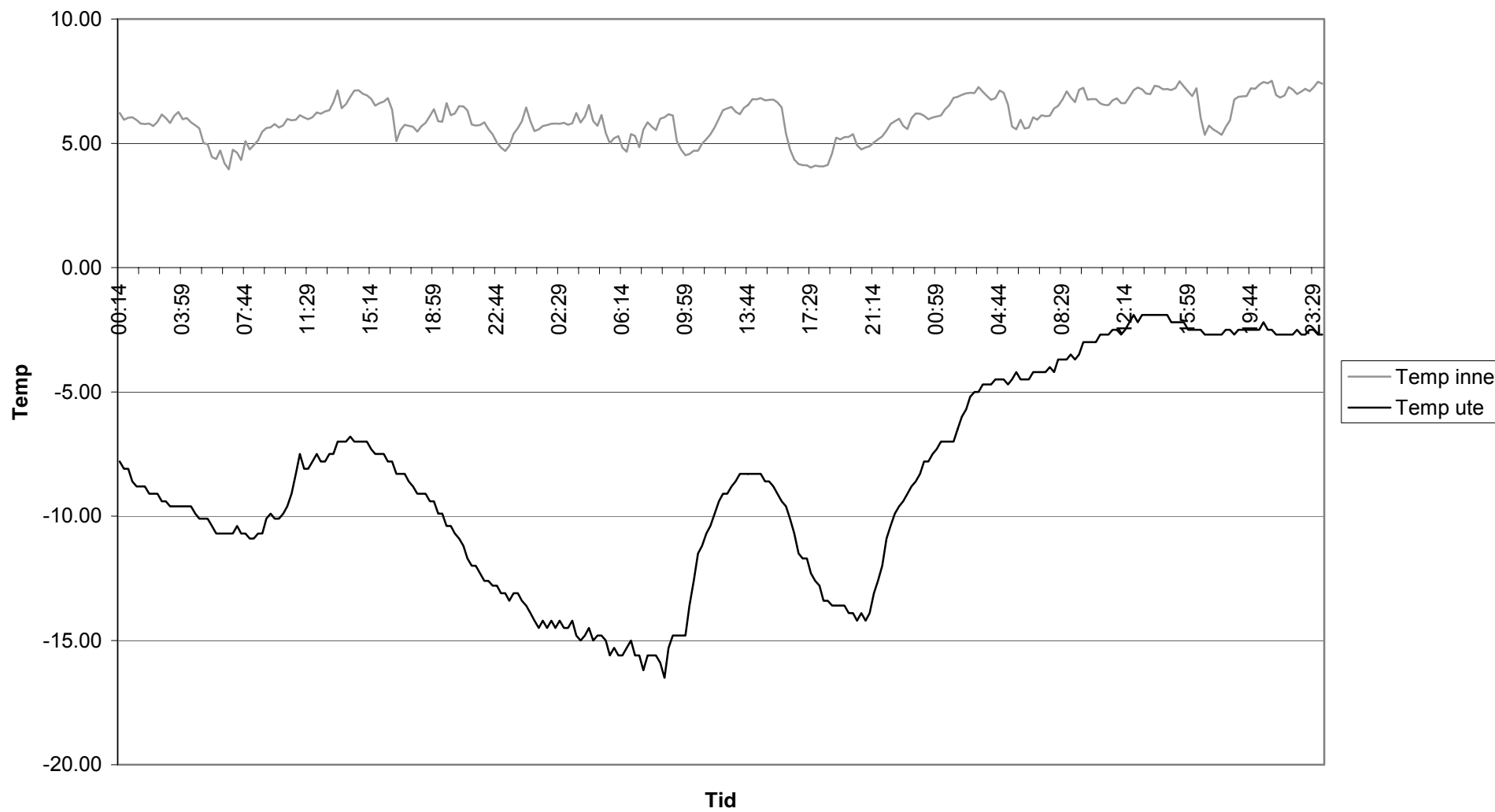
Temperatur inne och ute Brandstadholm 040106



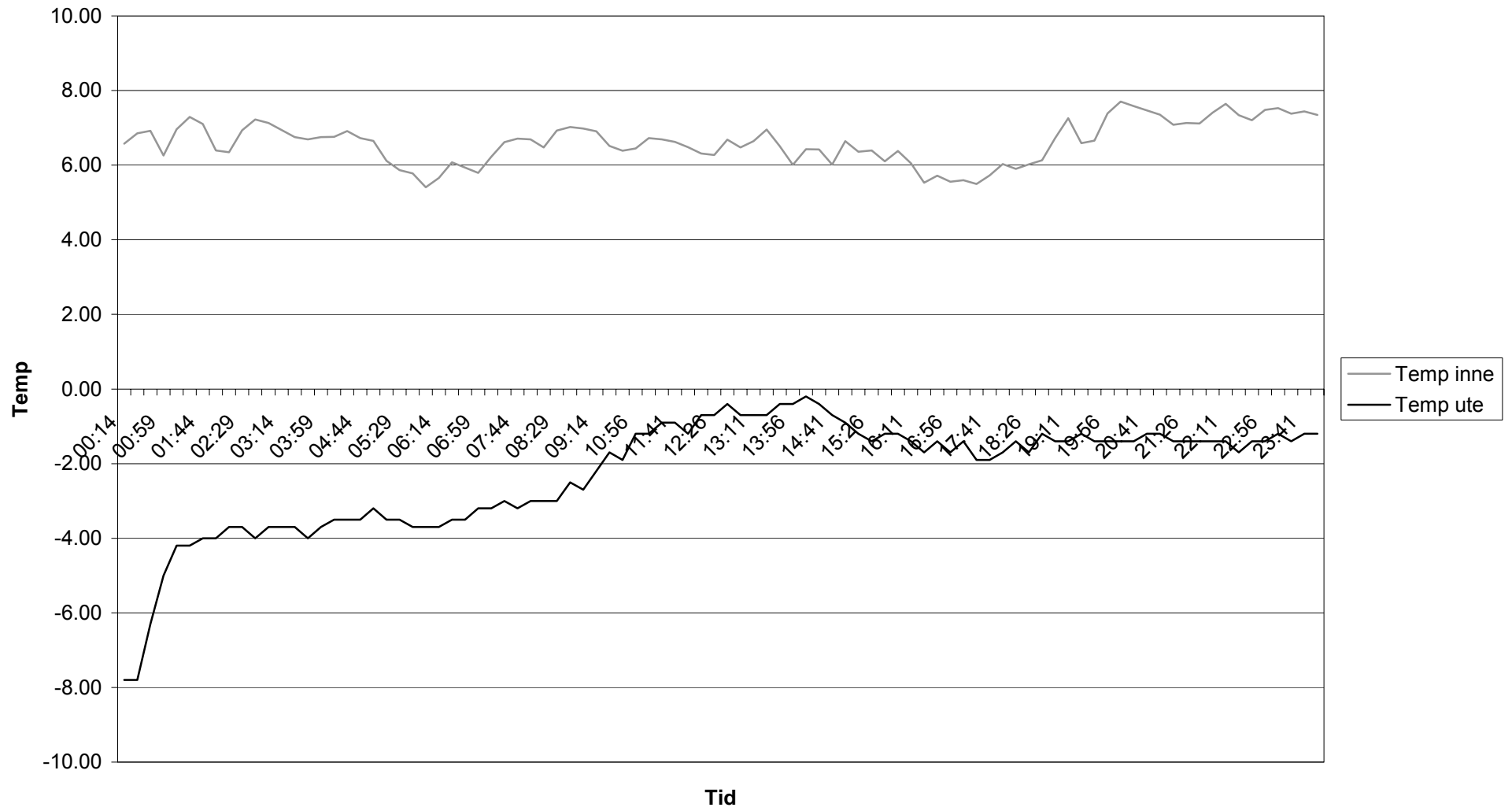
Temperatur inne och ute Brandstadholm 040121



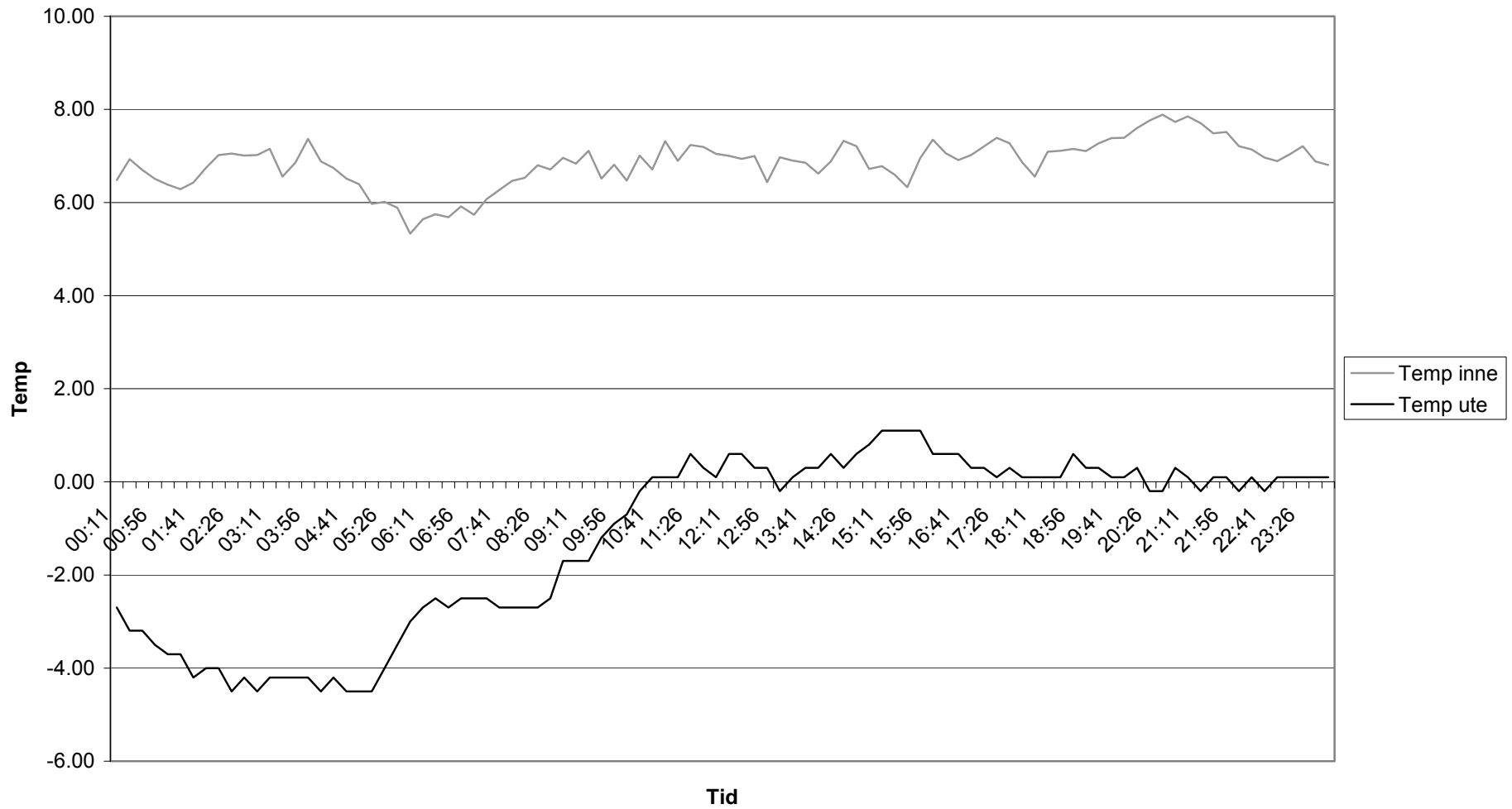
Temperatur inne och ute Brandstadholm 040121-040123



Temperatur inne och ute Brandstadholm 040128



Temperatur inne och ute Brandstadholm 040210



Temperatur inne och ute Brandstadholm 040212

